



TITLE:

# 乾燥木材の空隙構造：とくにマクロな空隙およびサブマクロな空隙について

AUTHOR(S):

乾, 一; 中戸, 莞二

---

CITATION:

乾, 一 ...[et al]. 乾燥木材の空隙構造：とくにマクロな空隙およびサブマクロな空隙について. 京都大学農学部演習林報告 1973, 45: 217-226

ISSUE DATE:

1973-12-15

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191548>

RIGHT:

# 乾燥木材の空隙構造

とくにマクロな空隙およびサブマクロな空隙について

Pore Structure of Dry Wood.

Macro- and Submacro-pore Structure by the Mercury Porosimetry

乾 一, 中 戸 莞 二

Hajime INUI and Kanji NAKATO

## 目 次

要 旨.....	217	3.1. マクロな空隙および サブマクロな空隙	
1. 緒 言.....	217	3.2. ヒステリシス	
2. 実験方法.....	218	3.3. 空隙率	
2.1. 試 片		引用文献.....	225
2.2. 測定方法		Résumé .....	226
3. 実験結果および考察.....	219		

## 要 旨

乾燥木材の空隙構造を水銀圧入法により、ヒノキ、カラマツおよびマカンバについて検討した。得られた結果は次のとおりである。

(1) 累積曲線において、針葉樹の場合、仮道管長以上の厚さの試片では、膜孔膜小孔によるボトル・ネック効果がみられる。一方、広葉樹の場合、試片厚さが異なっても、曲線の形はほとんど変らない。

(2) 針葉樹の細孔分布曲線において、2つのピークがみられる。小さい径におけるピークは膜孔膜小孔に、大きい径におけるピークは内こうにそれぞれ対応している。一方、さらに大きな径における曲線の急激な低下部分は、開口内こうに対応している。

(3) 減圧測定においてヒステリシスがみられ、水銀の試片内残存量がかなり多い。これは木材の場合、ボトル・ネック型空隙および両端開口型空隙が多く存在するためである。

(4) 本測定で得られた空隙率は、比重から計算した値に近いが、やや小さい。

## 1 緒 言

近年、防腐、難燃化、寸法安定化処理、WPC 製造など、木材の種々の物理的ないし化学的な加工が盛んになるにしたがって、木材の空隙の研究が注目されるようになってきた。これは、これらの処理剤が反応の場として、木材中の空隙を選ぶという認識にもとづくためである。

木材の空隙はその大きさから、細胞内こう・細胞間隙・膜孔こうなど  $1\mu$  以上のオーダーのもの、膜孔膜小孔の  $0.1\mu$  オーダーのもの、および細胞壁中のマイクロフィブリル間隙・エレメンタルフィブリル間隙などほぼ  $10\sim 100\text{\AA}$  のものに分類できる。これらはそれぞれマクロな空隙、サブマクロな空隙およびマイクロな空隙と呼ばれる。

これまで木材の空隙、とくにマクロな空隙およびサブマクロな空隙の研究には、顕微鏡による細胞内こうや膜孔の観察、および浸透実験による膜孔膜小孔径の測定などがあるが、顕微鏡法は定性的であることが多く、また浸透実験は膜孔膜小孔の構造にもとづいて、理論的なあつかいが困難であるなどの欠点がある。

空隙構造の研究方法として、今日、触媒などの分野では、水銀圧入法・窒素吸着法が広く用いられている。このうち水銀圧入法は、1) 広範囲の大きさの空隙が測定でき、2) 顕微鏡法にくらべて定量的であり、3) 空隙の形の推定が可能で、4) 操作が容易で、測定が短時間に行なえるなど多くの利点を有し、木材の空隙構造の研究にも有効な手段であると思われる。しかしその適用例は、仮道管の内こう径分布を測定した Yao<sup>1)</sup> および Stayton<sup>2)</sup> と Hart<sup>3)</sup> ら、細胞壁密度を測定した Stone<sup>3)</sup> らなど、わずかである。

本報は針葉樹 2 樹種および広葉樹 1 樹種の乾燥材について、水銀圧入法を用い、累積曲線およびそのヒステリシス・細孔分布・膜孔膜小孔径・空隙率・表面積などについて検討したものである。また水銀圧入法における問題点についてもあわせて検討を加えた。

なお本実験の試片作製に御援助いただいた京都府立大学農学部飯田生穂助手をはじめ、京都大学農学部佐道健助教授および木材工学研究室諸氏に感謝の意を表します。

## 2 実験方法

### 2.1 試片

試片はヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) (比重  $0.33\text{ g/cm}^3$ )、カラマツ (*Larix leptolepis* Gordon) ( $0.49\text{ g/cm}^3$ ) およびマカンバ (*Betula maximowicziana* Regel) ( $0.68\text{ g/cm}^3$ ) の心材、各樹種とも木口断面  $5(\text{T}) \times 20(\text{R})\text{ mm}$ 、厚さ (L)  $1, 2, 3, 4, 5\text{ mm}$  の 5 種類である。

水銀圧入法における問題点の 1 つとして、試片の表面粗さの、とくに大きな空隙の測定値への影響<sup>4)</sup>があるが、本測定の試片作製には、比較的平滑な表面を作り、しかも毛羽だちが細胞内こうをふさぐなどの影響も少ないと考えられるマイターソーを用いた。

カラマツについては、前述の形状の試片より、早材・晩材の顕著な部分をカッターできりわけたものも供試した。

試片は気乾状態のものをまずエタノール・ベンゼン抽出処理し、風乾・真空乾燥を行ない、測定までシリカゲル・デシケータ内に保存した。

### 2.2 測定方法

測定装置は島津—Micromeritics Instrument Corporation 製 Mercury Penetration Porosimeter Model 905-1 で、 $0.21\sim 2800\text{ kg/cm}^2$  の圧力、これに対応する空隙半径<sup>\*1</sup>約  $25\text{\AA}\sim 35\mu$  の範囲について測定を行なった。

\*1 Washburn 式より、圧力から空隙径が計算できるが、これには水銀の表面張力および接触角の値が必要である。しかし前者については純粋な水銀でも  $410\sim 515\text{ dyne/cm}$  と、また後者については測定される物質により  $135\sim 142^\circ$  と変化する<sup>5)</sup>。本報では、木材に対する水銀接触角などの予備実験にもとづいて、次式を用い空隙半径  $r(\text{\AA})$  を求めた。

$$r = 72100 / P \quad \text{ただし } P: \text{圧力 (kg/cm}^2\text{)}$$

一回の測定における供試個体数は、試片厚さ 1, 2, 3, 4, 5 mm についてそれぞれ10, 5~6, 4, 3, 2個で、供試試片容積がほぼ等しくなるようにした。またカラマツの分離した早材・晩材試片の場合は、各測定の供試試片重量がほぼ等しくなるようにした (約 0.3~0.4 g)。

水銀圧入法による測定値の妥当性を検討するため、顕微鏡により開口内こう横断面の形状の観察、および内こう径分布と仮道管長の測定、またみかけ比重測定により空隙率の計算を行なった。

### 3 実験結果および考察

#### 3.1 マクロな空隙およびサブマクロな空隙

##### 3.1.1 針葉樹材

Fig. 1(a) はヒノキの水銀浸透量累積曲線である。試片厚さ 1, 2, 3 mm の場合、約 0.5~10.5 および 210~560 kg/cm<sup>2</sup> の圧力で、4, 5 mm の場合、0.5~10.5, 7~28 および 210~560 kg/cm<sup>2</sup> の圧力で浸透量が増加する。試片厚さが仮道管長以下の場合、内こうは試片横断面ですべて開口しているが、仮道管長以上の場合、膜孔膜小孔を通らなければ外部と連絡できない閉ざされた内こうも試片に含まれることとなる。このような閉ざされた内こうの場合、内こうへの水銀の浸透は、膜孔膜小孔径に対応する圧力に達するまでおこらない。すなわち、浸透に対するボトル・ネック効果を生ずる。0.5~10.5 および 7~28 kg/cm<sup>2</sup> の圧力は、それぞれ開口内こう\*2 および膜孔膜小孔\*2 に対応している。試片厚さとボトル・ネック効果との関係から、仮道管長は 3~4 mm\*3、膜孔膜小孔最大径は半径約 1 μm であることがわかる。なお 210~560 kg/cm<sup>2</sup> の浸透量増加は、細胞壁中の微少な空隙への浸透に対応していると思われる。

Fig. 1(b) はカラマツの水銀浸透量累積曲線である。試片厚さ 1, 2 mm の場合、約 0.3~63, および 200~1400 kg/cm<sup>2</sup> で、3, 4, 5 mm の場合、0.3~63, 63~280 および 280~1400 kg/cm<sup>2</sup> で浸透量が増加する。曲線の形はヒノキと同様であるが、ボトル・ネック効果が厚さ 3 mm

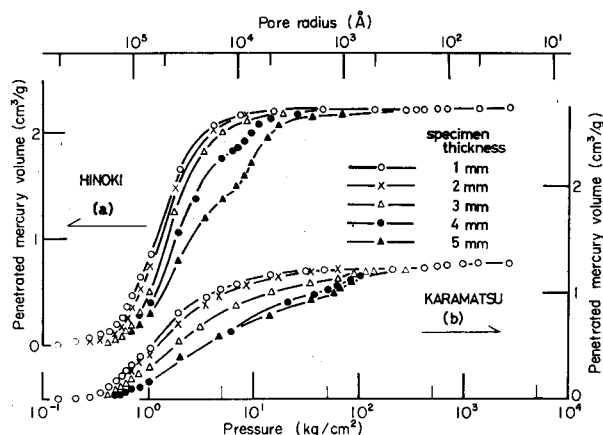


Fig. 1. Cumulative pore volume for Hinoki and Karamatsu.

\*2 一般に細胞内こうはその横断面が円形でなく、また膜孔膜小孔はフィブリル・ストランドにより形成される空隙で複雑な形をしている。このような空隙の場合、水銀の浸透は、内こうについては短径に、また膜孔膜小孔については膜孔膜小孔における最大開口径の短径に対応した圧力で起る。

\*3 顕微鏡測定：早材 3.4 mm, 晩材 3.1 mm

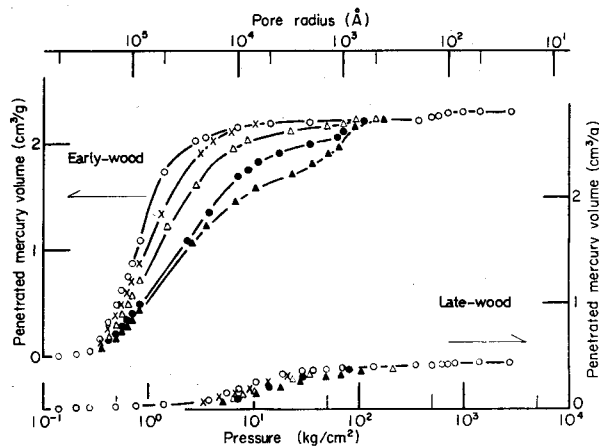


Fig. 2. Cumulative pore volume for separated early-wood and late-wood of Karamatsu. The symbols are the same as shown in Fig. 1.

以上の試片で認められること、膜孔膜小孔最大径が半径約  $0.1 \mu$  であるという点でヒノキと異なる。また開口内こうに対応する圧力は、ヒノキに比べ広範囲にわたっているが、これはカラマツでは晩材率が大きいなど、年輪構造における相違によるものである。

Fig. 2 は分離した早材・晩材試片の累積曲線を示している。これによれば、膜孔膜小孔および細胞壁中の微少な空隙に対応する圧力は早材・晩材で差がないが、開口内こうに対応する圧力は早材・晩材でそれぞれ約  $0.3 \sim 14$ ,  $3.5 \sim 63 \text{ kg/cm}^2$  と約 1 オーダー異なっている。ところで、仮道管長以上の厚さ (3 mm 以上) の早材試片では、仮道管長以下の厚さの試片で浸透量増加がほとんどみられない圧力範囲、約  $7 \sim 70 \text{ kg/cm}^2$  においても、浸透量にかなりの増大がみられる。これは、1) 厚い試片ほど仮道管先端のテーパ部分の存在が多くなる、2) 厚い試片ほど膜孔こうの存在が多くなる、あるいは 3) 膜孔膜小孔径に対応する圧力が、仮道管の横圧縮強さに近いいため、水銀の浸透していない仮道管が圧縮される などによると考えられる。しかし、本測定からは断定はできない。

Fig. 1 および Fig. 2 のヒノキおよびカラマツの累積曲線において、仮道管長以下の厚さの試片についてみると、厚い試片ほど開口内こうに対応する圧力は、高圧側に移動していることが

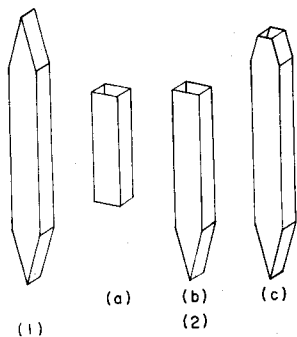


Fig. 3. Schematic model of cut tracheid, showing (1) before cutting and (2)-(a) (b) (c) after cutting.

がわかる。これは試片厚さが増すことにより、仮道管両端のテーパ部分ならびに膜孔こうの存在が多くなるためである。前者について、模式的にあらわしたのが Fig. 3 である。すなわち、(1) の形をした仮道管を切り開いたとき (Fig. 3(2)), 試片厚さのうすいものでは (a) の存在割合が多いが、厚くなるにしたがって、(b) および (c) の形態のものの存在割合が増加する。そして、(b) の場合、テーパ部分への浸透にはより高い圧力が必要であり、また (c) の場合、一種のボトル・ネック型空隙であり、曲線は高圧側に移動する。

Fig. 4 はヒノキの細孔分布曲線で、(a) (b) で

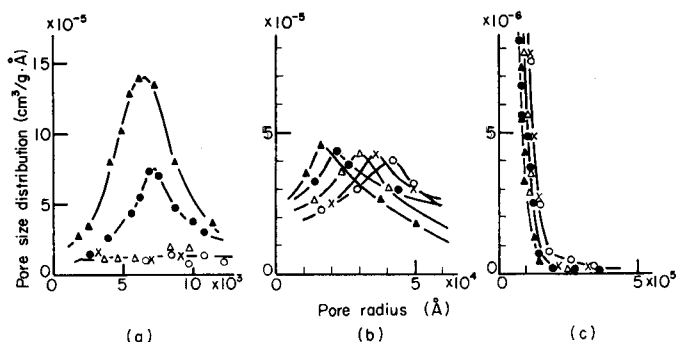


Fig. 4. Pore size distribution for Hinoki, due to (a) pit membrane pore, (b) lumen and (c) open lumen.

The symbols are the same as shown in Fig. 1.

はピークを、(c)では曲線の急激な低下部分を示している。(c)でみられる半径約  $15\mu$  までの急激な低下は、顕微鏡測定において、開口内こう径が約  $10\sim 15\mu$  に多いことと対応している。(b)のピークは  $1\sim 5\mu$  でみられる。これは内こう径に対応するピークであるが、この値は(c)にくらべて小さい。これより、このピークは、複雑な形状と大きさの変異をもつ仮道管内こうを、等価な円筒状空隙の半径で示したものと理解すべきであろう。内こう横断面の形状および大きさは、個々の細胞によって、また同一細胞でも、その長軸方向によって著しい差異がみられる。またこの(b)のピークは厚い試片ほど小さい径に位置するが、これはテープ部分および膜孔こうが増加するためである。Yao および Stayton と Hart は、ともに  $40\mu$  の薄い木口切片を用い、水銀ポロシメータで内こう径分布を測定している。とくに、Stayton と Hart は顕微鏡をあわせ用いて検討しているが、ポロシメータによる値が小さいと報告している。2人はこの原因を接触角にあるとしているが、むしろ、つぎの2つの原因が重要であろう。すなわち、1) 顕微鏡法よりも水銀圧入法が、内こうの大きさの変異をより多く含む、2) 顕微鏡法による場合、内こう径の円半径への換算誤差などが考えられる。しかしこれらのポロシメータによる既往の結果は、本報よりも大きい半径値を示している。これは、試片厚さの相違によるテープ部分の存在の多少が、主な原因であると考えられる。一方、Fig. 4(a) でピークの認められる半径、約  $0.7\mu$  は膜孔膜小孔径に次のように対応していると考えられる。すなわち、Fig. 4(a) の分布曲線は、試片に含まれる閉ざされた内こうをもつ各仮道管の浸透に有効な膜孔膜小孔の最大径に対して、これを通して浸透できる内こう容積を示す。このように考えた場合、約  $0.7\mu$  の膜孔膜小孔径で連絡している内こう容積が最も多いことがわかり、さらに、内こう容積を一定と考えた場合、この大きさの径をもつ仮道管が最も多いこととなる。また、試片厚さ  $4, 5\text{ mm}$  でピークは同じ半径にみられる。

カラマツの細孔分布曲線を Fig. 5 に示す。Fig. 5(b) は内こう径分布であるが、ヒノキと同様、試片厚さによりピークの位置が移動している。また、厚さ  $1\text{ mm}$  試片のピークは早材約  $5\mu$ 、晩材  $0.3\mu$  に存在し、Fig. 5(c) の開口内こう径に対応する曲線の急激な低下のみられる半径の早材約  $20\mu$ 、晩材  $4\mu$  に対する比は、それぞれ  $0.25$  および  $0.08$  となる。円筒型空隙の場合、この比は  $1$  となるが、このように小さな値となるのは、前述の仮道管の形状、すなわちその横断面が円形でないこと、両端のテープ部分の存在、および膜孔こうの存在などに関係している。膜孔

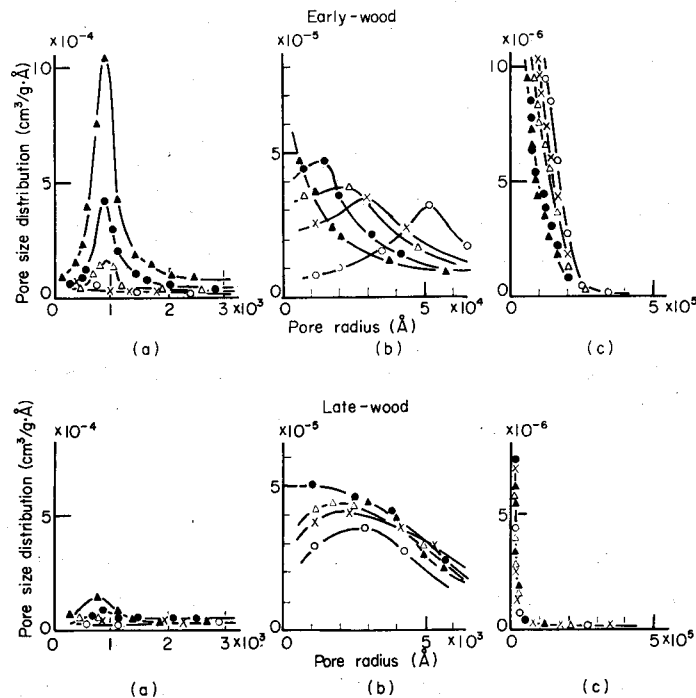


Fig. 5. Pore size distribution for Karamatsu, due to (a) pit membrane pore, (b) lumen and (c) open lumen, showing upper; early-wood and lower; late-wood. The symbols are the same as shown in Fig. 1.

こうを考えない場合、仮道管内こうの横断面の形は、早材では四ないし六角形であるのに対し、晩材では楕円形に近いから、開口内こう径に対する内こうのピークの大きさの比は、晩材の方が大きくなると思われるが、本報の結果は逆である。このことから、内こうのピークはテーパ部分の影響が大きいと思われる。すなわち、前述の比はテーパ部分の多少をあらわしており、この比が大きい場合はテーパ部分が少ないと考えられる。このように考えた場合、ヒノキ試片厚さ 1 mm のものでは、この比は 0.33 となり、ヒノキ、カラマツ早材、カラマツ晩材の順にテーパ部分が多いと考えられるが、顕微鏡では測定困難であった。一方、Fig. 5(a) は膜孔膜小孔に対応するピークを示しているが、早材・晩材で差はなく、約  $0.08 \mu$  である。

### 3.1.2 広葉樹材

Fig. 6 はマカンバの累積曲線である。すべての厚さの試片について、約  $0.1 \sim 2.1$ ,  $2.8 \sim 350$  および  $420 \sim 1500 \text{ kg/cm}^2$  の圧力で、浸透量の増加がみられる。これらの浸透量増加の圧力は、道管内こう、木繊維内こうおよび細胞壁中の微小な空隙にそれぞれ対応している。マカンバの場合、 $2.8 \sim 350 \text{ kg/cm}^2$  の圧力においてのみ、試片厚さによるわずかな差がみられるだけで、針葉樹の場合のようなボトル・ネック効果は示さない。

広葉樹の累積曲線が、試片厚さによりあまり変化しないのは、その顕微鏡構造に関係している。すなわち、道管内こうは、長さ方向にはほぼ一様な径で連続しているために、試片厚さが変化しても、圧力  $0.2 \sim 2.1 \text{ kg/cm}^2$  で曲線はほぼ一致している。一方、木繊維の場合、試片厚さがその繊維長以上になれば、針葉樹仮道管の場合と同様、閉ざされた内こうも試片に含まれる。し

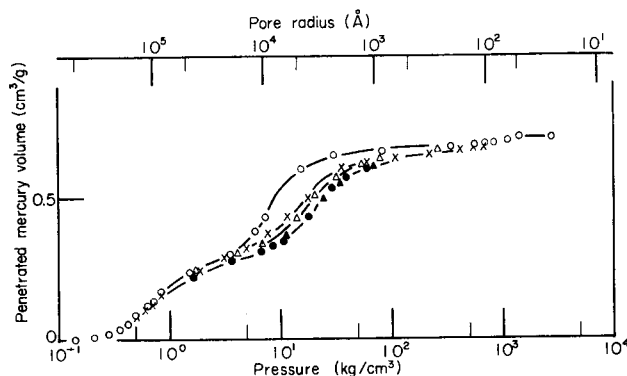


Fig. 6. Cumulative pore volume for Mekanba.  
The symbols are the same as shown in Fig. 1.

かし、Fig. 6 の累積曲線の約  $2.8 \sim 350 \text{ kg/cm}^2$  でわずかな差が存在するだけで、針葉樹の場合のような膜孔によるボトル・ネック効果はみられない。これは、1) 木繊維内こう径が細胞軸方向において顕著な差がある、2) このため膜孔径にきわめて近い内こう部分も存在する、3) 膜孔膜は針葉樹仮道管のものと異なり無孔性であるが、膜孔径に対応する圧力では破壊される ことに関係していると思われる。すなわち、水銀は開口している内こうを完全に満たす前に、膜孔径の大きいものの膜孔膜を通過し、閉ざされていた内こうへ浸透する。木繊維内こうがすべて水銀で満たされるのは、さらに高い圧力になったときである。このようなことから、閉ざされた木繊維内こうが存在しても、針葉樹のようなボトル・ネック効果を示さない。

放射組織は針葉樹より存在量が多いが、Fig. 6 の累積曲線では、それに対応した経過はあらわれない。これは、放射組織は、試片断面でその内こうが開口しているものはきわめて少なく、大部分が膜孔での連絡によるボトル・ネック型空隙となっており、木繊維内こうに対応する圧力範囲に含まれるためであると思われる。

### 3.2 ヒステリシス

水銀ポロシメータによる測定には、3.1.における、低圧から高圧にいたる加圧過程で、空隙内に浸透する水銀量を測定する加圧測定のほかに、加圧測定後、その最高圧から低圧にいたる減圧過程で、空隙からとりだされる水銀量を測定する減圧測定がある。Table 1 はその減圧測定後、

Table 1. Percentage of remaining to penetrated mercury volume (%).

Specimen Thickness	Hinoki	Karamatsu		Makanba
		early-wood	late-wood	
1 mm	55	52	80	84
2 mm	67	68	84	87
3 mm	71	79	82	87
4 mm	76	81	89	83
5 mm	82	86	83	81



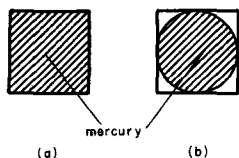


Fig. 7. Schematic model of lumen cross section occupied with mercury in the depressing process, showing (a) before depressing and (b) after depressing.

55%にもおよぶ水銀が残存することから、Quynn の説明だけでは不十分であると考えられる。

ボトル・ネック型空隙の存在以外に、ヒステリシスの原因としては、1) 両端開口型空隙の存在、2) 水銀の細孔壁に対するぬれの変化 の2つが考えられる。1) については、水銀をガラス管に入れて水平に保持した場合、水銀は静止したままであるという現象に類似する。木材の場合、Fig. 3(2)(a) のように切られた仮道管あるいは道管が、この型の空隙にあたると思われる。また2) については、Juntgen らが顕微鏡観察より認めており、これは高压により、水銀が細孔壁に付着するというものである。このような場合、ヒステリシスより空隙の形を推定することはきわめて困難になる。水銀の細孔壁に対するぬれの変化を考えない場合、ヒステリシスの原因は、ボトル・ネック型空隙および両端開口型空隙<sup>\*4</sup>の存在によると考えられる。一方、減圧測定で試片からとりだされる水銀は、とくに仮道管の場合、1) Fig. 3(2)(a) および (b) の内こう中央部のコーナ部分、2) Fig. 3(2)(b) のテーパ部分 に浸透していたものであると思われる。すなわち減圧過程では、細胞内こうを完全に満たしていた水銀で、テーパ部分に存在していたものは、水銀の表面張力、すなわち細胞壁に対するぬれに関係して、開口している方向に移動する。一方、内こう中央部に存在していた水銀は、多くの場合その横断面が円形でない内こうで、それに内接する円までは、水銀の表面張力により移動できる (Fig. 7)。この状態になったとき、Fig. 3(2)(a) の場合、水銀は外部と連続しているため、表面張力により移動しようとする力は働かず、水銀の移動はおこらなくなる。また Fig. 3(2)(b) の場合でも、水銀が細孔壁に接している部分はごくわずかの部分であるため、水銀を細孔外におしだそうとする力はあられず、水銀の移動はおこらなくなると考えられる。

Table 1 に示すところから、試片厚さにより水銀残存量の異なるヒノキとカラマツ 早材、および残存量に差がなく、しかも残存量の多いカラマツ 晩材とマカンバに分けられる。ヒノキ・カラマツ 早材で、試片厚さが増加するにつれて、水銀残存量が増加するのは、仮道管長以下の厚さの試片の場合、外部に開口したテーパ部分の存在も多くなるが、それ以上に両端開口型空隙 (Fig. 3(2)(a))、テーパ部分によるボトル・ネック型空隙 (Fig. 3(2)(c)) および内こう中央部分の存在が多くなるためと思われる。また、仮道管長以上の厚さの試片では、さらに、閉ざされた仮道管内こうのボトル・ネック型空隙が多くなるためであると思われる。一方、カラマツ 晩材・マカンバの場合、マカンバで水銀残存量が多い原因として 1) 道管内こうは両端間口型空隙で、しかも横断面が円形に近い、2) 木繊維内こうは切断された場合、大部分がボトル・ネック型空隙になっている ことが考えられる。しかし、試片厚さで差がない原因として、1) ヒステリシスの原因となる空隙の占める容積の割合はわからない、2) 木繊維内こうへの水銀の浸透はかなり高い圧力でおこるため、水銀の細孔壁に対するぬれの変化が生じる ことが考えられるが、本測

<sup>\*4</sup> 両端開口型空隙でも、細胞内こうのようにその横断面が円形でない場合、後述するように、コーナ部分のわずかな水銀はとりだされると思われる。

試片内に残存する水銀量を、全浸透量に対する割合で示したものである。これによれば、かなり多くの水銀が残存するというヒステリシスの現象が認められる。<sup>6)</sup> Quynn はこの現象をボトル・ネック型空隙の存在によるとしている。すなわち、この型の空隙に浸透した水銀は、減圧測定において空隙からとりだされず、測定後空隙内に残存するというものである。しかし、ヒノキ 1 mm 厚さのように、この型の空隙の少ないと考えられるものでも、

Table 2. Pore volume (%).

Species	a)	b)
Hinoki	74.7	77.1
Karamatsu	61.6	66.7
Makanba	48.6	53.3

a) measured by the mercury porosimetry.

b) calculated from the specific gravity of wood.

Table 3. Surface area (m<sup>2</sup>/g).

Species	S <sup>a)</sup>
Hinoki	3.1
early-wood Karamatsu	17.7
late-wood	8.1
Makanba	8.5

a) surface area for 1 mm-thick specimen.

定からは断定できない。ところがカラマツ晩材については、仮道管内こうの形態的特徴からはヒステリシスの説明はつかず、水銀のぬれの変化が大きく影響しているのではないと思われる。

### 3.3. 空隙率

水銀の全浸透量より、試片の空隙率が求められる。Table 2 はこのようにして得られた空隙率と、木材の真比重を1.46として計算して得られた空隙率を示している。これによるとすべてについて、ポロシメータによる値の方が小さい。これは、1) 測定範囲外での半径約 35  $\mu$  以上の大きな空隙（主に道管内<sup>7)</sup>こう）の存在、2) ヘリウムが近づき得て、水銀が近づき得ない空隙の存在、あるいは 3) Stone の分類による空隙C、すなわち壁中の閉ざされた空隙の存在によると思われる。ヒノキについて、半径 150  $\text{\AA}$  以下の空隙を壁中のミクロな空隙であると考えると約  $4 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{g}$  となり、窒素吸着法による沢辺<sup>8)</sup>らの  $3 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{g}$  より1オーダー大きい。また、カラマツ・マカンバの場合、ポロシメータによる空隙率と計算による空隙率の差を考えるには、1)の空隙の考慮が必要である。

また、Table 3 は水銀ポロシメータで求めた比表面積を示している。本測定で求めた比表面積は、一般に乾燥状態の木材について報告されている  $1 \text{ m}^2/\text{g}$  よりはるかに大きい。

## 引用文献

- 1) Yao, J.: Determination of lumen size distribution in softwood by the mercury injection method., For. Prod. J., **14**, 167, (1964)
- 2) Stayton, C. L. and C. A. Hart: Determining pore-size distribution in softwood with a mercury porosimeter., For. Prod. J., **15**, 435, (1965)
- 3) Stone, J. E., A. M. Scallan and G. M. A. Aberson: The wall density of native cellulose fibers., Pulp Paper Mag. Can., **65**, T-263, (1966)
- 4) Reich, B.: Die Bestimmung der Porengrößen-Verteilung in grobrösen Körpern mit Hilfe der Quecksilber-Porosimetrie., Chemie-Ing.-Techn., **39**, 1275, (1967)
- 5) Juntgen, H. und M. Schwuger: Aussagekraft der Quecksilber-Porosimetrie bei der Charakterierung poröser Stoffe., Chemie-Ing.-Techn., **38**, 1271, (1966)
- 6) Quynn, R. G.: Internal volume in fibers., Tex. Res. J., **33**, 21 (1963)
- 7) Stone, J. E.: The porous structure of wood and fibres., Pulp Paper Mag. Can., **65**, T-3, (1964)
- 8) 沢辺 攻, 森 和雄, 武内 保: 木材細胞膜の微細空隙構造, 木材誌, **19**, 55 (1973)

## Résumé

The pore structure of wood was studied by the mercury porosimetry. The species used are Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.), Karamatsu (*Larix leptolepis* Gordon) and Makanba (*Betula maximowicziana* Regel). The results obtained are as follows:

1. The pattern of the cumulative pore volume curves for Hinoki and Karamatsu changes greatly with the thickness of the specimen. Specimens thicker than the tracheid length show the bottle-neck effect (Figs. 1 and 2). This is caused by the presence of pit membrane pores. The pattern for Makanba, on the other hand, is essentially the same for specimens of various thicknesses (Fig. 6).

2. Two peaks are observed on the pore size distribution curves, the first peak at the smaller radius (Figs. 4(a) and 5(b) ) corresponding to the mean size of the pit membrane pore, and the second peak at the larger radius (Figs. 4(b) and 5(b) ) corresponding to the mean radius of the tracheid. The abrupt decrease at the largest radius (Figs. 4(c) and 5(c) ) corresponds to the largest size of the open lumen.

3. The phenomenon of hysteresis is shown in the depressing measurement (Table 1). This is caused by the bottle-neck pores and pores with an opening at both ends.

4. The pore volumes measured are slightly less than those calculated from the specific gravity of the wood (Table 2).